

## PRESSEMITTEILUNG

### Transparentes, leitfähiges Netz aus verkapselten Silbernanodrähten – eine neuartige flexible Elektrode für die Optoelektronik

Ein Team um Silke Christiansen hat eine transparente, hochleitfähige Elektrode für Solarzellen und andere optoelektronische Bauelemente entwickelt, die mit minimalem Materialaufwand auskommt. Sie besteht aus einem ungeordneten Netz aus Silbernanodrähten, das mit Aluminium-dotiertem Zinkoxid beschichtet ist. Die neuartige Elektrode benötigt knapp 70mal weniger Silber als konventionelle Silber-Gitterelektroden, besitzt aber eine vergleichbar gute Leitfähigkeit.

Kontaktelektroden an der „Sonnenseite“ einer Solarzelle müssen nicht nur leitfähig sein, sondern auch transparent. Aktuell werden daher entweder Elektroden aus dünnen Silberstreifen in Form eines grobmaschigen Gitters aufgerakelt oder eine transparente Schicht eines leitfähigen Indium-Zinn-Oxides (ITO) aufgebracht. Beides sind jedoch noch keine Ideallösungen. Denn Silber ist als Edelmetall verhältnismäßig teuer und oxidiert insbesondere als Nanopartikel besonders schnell und Indium zählt sogar zu den seltenen Elementen, die voraussichtlich nur noch wenige Jahre zur Verfügung stehen.

#### Gewirk aus Silbernanodrähten

Nun hat Manuela Göbelt aus dem Team um Prof. Dr. Silke Christiansen eine raffinierte, neue Lösung entwickelt, um mit einem Bruchteil des Silbers und ganz ohne Indium eine technologisch interessante Elektrode herzustellen. Die Doktorandin hat dafür zunächst mit nasschemischen Verfahren Silbernanodrähte in einer Ethanol-Suspension hergestellt. Mit einer Pipette tropfte sie diese Suspension auf ein Substrat, zum Beispiel eine Silizium-Solarzelle. Beim Verdampfen des Lösungsmittels organisieren sich die Nanodrähte aus Silber zu einem losen Gewirk, das transparent bleibt, dabei aber dicht genug ist, um durchgehende Strompfade zu bilden.

#### Einkapselung in AZO

Anschließend brachte Manuela Göbelt mit einem von ihr optimierten Atomlagenabschleifverfahren Schritt für Schritt eine Schicht eines hochdotierten Halbleiters, das sogenannte AZO, auf. AZO besteht aus Zinkoxid, das mit Aluminium dotiert ist und besitzt eine große Bandlücke. Es ist viel billiger als ITO und ebenso transparent, allerdings nicht ganz so leitfähig. Dabei bildeten sich auf den Silbernanodrähten winzige AZO-Kristallite aus, die schließlich die Nanodrähte perfekt umhüllten und Zwischenräume ausfüllten. Die Silbernanodrähte, die etwa 120 Nanometer im Durchmesser aufweisen, wurden so mit einer dünnen Schicht aus etwa 100 Nanometern AZO bedeckt und verkapselt.

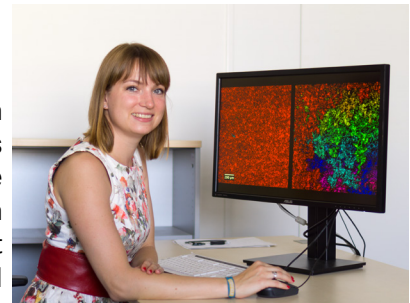
Berlin, 31.07.2015

#### Weitere Informationen:

**Prof. Dr. Silke Christiansen**  
Institut Nanoarchitekturen für die  
Energieumwandlung  
[silke.christiansen@helmholtz-berlin.de](mailto:silke.christiansen@helmholtz-berlin.de)

**Manuela Göbelt**  
Max-Planck-Institut für die Physik  
des Lichts  
Tel.: +49 (0) 9131 6877 551  
[manuela.goebelt@mpl.mpg.de](mailto:manuela.goebelt@mpl.mpg.de)

**Pressestelle**  
Dr. Antonia Rötger  
Tel.: +49 (0)30-8062-43733  
Fax: +49 (0)30-8062-42998  
[antonia.roetger@helmholtz-berlin.de](mailto:antonia.roetger@helmholtz-berlin.de)



Manuela Göbelt kann die lokale Vernetzung aus REM-Aufnahmen der Elektrode am Rechner ermitteln.

Foto: Björn Hoffmann.

## **Leitfähigkeit hängt vom Grad der Vernetzung ab**

Messungen der Leitfähigkeit zeigten, dass die neu entwickelte Komposit-Elektrode mit einer konventionellen Silbergitter-Elektrode vergleichbar ist. Allerdings kommt es dafür darauf an, wie gut sich die Nanodrähte vernetzt haben, was von den Drahtlängen und der Konzentration der Silbernanodrähte in der Suspension abhängt.

## **Qualitätslandkarte am Rechner erstellt**

Diesen Grad der Vernetzung können die Wissenschaftler vorab am Computer bestimmen. Mit speziell entwickelten Bildauswertelgorithmen werten sie rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen aus und können daraus die Leitfähigkeit der Elektrode vorhersagen. „Wir ermitteln, wo gegebenenfalls der durchgehende leitfähige Pfad aus Nanodrähten unterbrochen ist und sehen so, wo die Vernetzung noch nicht optimal ist“, erklärt Ralf Keding. Trotz leistungsstarker Rechner dauerte es zunächst fast fünf Tage, um eine gute „Landkarte der Qualität“ der Elektrode zu errechnen. Nun wird die Software optimiert, um die Rechenzeit zu reduzieren. „Die Bildauswertung hat uns wertvolle Hinweise gegeben, wo wir ansetzen müssen, etwa bei der Drahtlänge oder Drahtkonzentration in der Lösung, um die Qualität der Elektrode durch erhöhte Vernetzung bei geringer Bedeckung zu verbessern“, sagt Manuela Göbelt.

## **Praktikable und günstige Alternative zu konventionellen Elektroden**

„Mit dieser neu entwickelten Hybridelektrode haben wir eine praktikable und kostengünstige Alternative zu konventionellen gedruckten Gitter-Elektroden und zu dem gängigen, jedoch durch Materialengpässe bedrohte, ITO entwickelt“, sagt Silke Christiansen, die am HZB das Institut für Nanoarchitekturen für die Energieumwandlung leitet und am Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL) zusätzlich eine fokussierte Projektgruppe leitet.

## **Vorteile: Nur ein Bruchteil des Silbers, kaum Verschattung**

Tatsächlich kommen die neuen Elektroden mit 0,3 Gramm Silber pro Quadratmeter Oberfläche aus, während konventionelle Silber-Gitterelektroden eher zwischen 15 und 20 Gramm Silber benötigen. Außerdem verschatten sie die Solarzelle deutlich weniger: „Das Netz aus Silbernanodrähten ist so fein, dass fast gar kein Licht durch Verschattung für die Solarenergiekonversion in der Solarzelle verloren geht“, erklärt Manuela Göbelt. Im Gegenteil, hofft sie: „Es wäre sogar möglich, dass die Silbernanodrähte durch so genannte plasmonische Effekte Licht gezielt in den Solarzellabsorber streuen.“

Die Arbeit ist im Journal [Nano Energy, Vol. 16](#), Sept. 2015, publiziert: "Encapsulation of silver nanowire networks by atomic layer deposition for indium-free transparent electrodes". Manuela Göbelt, Ralf Keding, Sebastian W. Schmitt, Björn Hoffmann, Sara Jäckle, Michael Latzel, Vuk V. Radmilović, Velimir R. Radmilović, Erdmann Spiecker, Silke Christiansen.

[doi:10.1016/j.nanoen.2015.06.027](https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2015.06.027)

Das **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)** betreibt und entwickelt Großgeräte für die Forschung mit Photonen (Synchrotronstrahlung) und Neutronen mit international konkurrenzfähigen oder sogar einmaligen Experimentiermöglichkeiten. Diese Experimentiermöglichkeiten werden jährlich von mehr als 2500 Gästen aus Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen weltweit genutzt. Das Helmholtz-Zentrum Berlin betreibt Materialforschung zu solchen Themen, die besondere Anforderungen an die Großgeräte stellen. Forschungsthemen sind Materialforschung für die Energietechnologien, Magnetische Materialien und Funktionale Materialien. Im Schwerpunkt Solarenergieforschung steht die Entwicklung von Dünnschichtsolarzellen im Vordergrund, aber auch chemische Treibstoffe aus Sonnenlicht sind ein wichtiger Forschungsgegenstand. Am HZB arbeiten rund 1100 Mitarbeiter/innen, davon etwa 800 auf dem Campus Lise-Meitner in Wannsee und 300 auf dem Campus Wilhelm-Conrad-Röntgen in Adlershof.

Das HZB ist Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.